

Causalité entre Consommation d'énergie renouvelable et croissance économique : Revue de littérature

Causality between Renewable Energy Consumption and Economic Growth: A Literature Review

Fouad Elbiyaali, (Docteur et chercheur en économie)

*Faculté d'économie et de gestion de Settat
Université Hassan 1^{er}, Settat, Maroc*

Hamid Latif, (Docteur et chercheur en gestion)

*Faculté d'économie et de gestion de Settat
Université Hassan 1^{er}, Settat, Maroc*

Safaa Zakariya, (Doctorante en économie)

*Faculté d'économie et de gestion de Settat
Université Hassan 1^{er}, Settat, Maroc*

Adresse de correspondance :	Université Hassan 1 ^{er} Faculté d'économie et de gestion de Settat Route de Casablanca km 3,5 Maroc (Settat) 26100 0523721275 f.elbiyaali@gmail.com
Déclaration de divulgation :	Les auteurs n'ont pas connaissance de quelconque financement qui pourrait affecter l'objectivité de cette étude.
Conflit d'intérêts :	Les auteurs ne signalent aucun conflit d'intérêts.
Citer cet article	Elbiyaali, F., Latif, H., & Zakariya, S. (2021). Causalité entre Consommation d'énergie renouvelable et croissance économique : Revue de littérature. International Journal of Accounting, Finance, Auditing, Management and Economics, 2(5), 655-666. https://doi.org/10.5281/zenodo.5539911
Licence	Cet article est publié en open Access sous licence CC BY-NC-ND

DOI: 10.5281/zenodo.5539911
Received: August 09, 2021

Published online: September 29, 2021

Causalité entre Consommation d'énergie renouvelable et croissance économique : Revue de littérature

Résumé

Avec les défis climatiques et l'épuisement des ressources fossiles. L'option des énergies renouvelables semble un choix judicieux ce qui renouvelle le débat sur la relation/causalité entre la consommation d'énergie renouvelable et croissance économique.

D'un point de vue théorique, le lien entre ces deux variables peut être traité avec des modèles de prévision qui sont très souvent des modèles macro-économétriques (modèles d'équilibre général calculable) avec une approche Top-down, descendante qui part d'un équilibre macroéconomique qui est progressivement désagrégé. Ou bien le contraire, avec une vision « stock picking » qui est une méthode ascendante qui commence avec une description détaillée du système énergétique avec une liste complète de diverses formes d'énergies, ainsi que l'éventail des technologies disponibles ou qui le seront. Les deux approches (ascendante et descendante) peuvent être utilisées simultanément, car elles le permettent de répondre à différentes questions posées par la rationalisation de la production et de la consommation d'énergie ce qu'on appelle les modèles « hybrides ». La même question peut être traitée en se basant sur le principe de l'élasticité, généralement 4 hypothèses marquent la relation de causalité entre l'énergie et la croissance économique ainsi que les conséquences politiques qui en découlent : la première est l'hypothèse de croissance ou l'énergie cause le PIB. Dans la deuxième une réduction de la consommation d'énergie n'a pas d'effets négatifs sur le PIB réel c'est l'hypothèse de conservation. Pour l'hypothèse de neutralité, l'effet de l'énergie sur le PIB réel est faible ou nul. Cependant, si une relation causale bidirectionnelle entre consommation d'énergie et PIB réel existe c'est l'hypothèse de rétroaction (feed-back).

Pareil, les études empiriques qui traitent cette relation sont hétérogènes. Ce contraste est dû principalement à la méthode utilisée : les séries temporelles, les données de panel, l'approche bi variée (les études avec seulement deux variables : consommation d'énergie et PIB réel) et enfin l'approche multi variée. En plus de la méthode se diffère peut-être expliquée par la taille de l'échantillon et les variables représentatives.

Mots clés : Energies Renouvelables, Croissance, Littératures Théoriques, Littératures Empiriques.

Classification JEL : B22, B23, O13, Q49.

Type de l'article : Article Théorique.

Abstract

With climate challenges and the depletion of fossil resources. The option of renewable energies seems a wise choice which renews the debate on the relationship / causality between the consumption of renewable energy and economic growth.

From a theoretical point of view the link between these two variables can be treated with forecast models which are very often macro-econometric models (computable general equilibrium models) with a Top-down approach which starts from a macroeconomic balance which is gradually disaggregated. Or the opposite, with a "stock picking" view which is a bottom-up method that begins with a detailed description of the energy system with a complete list of various forms of energy, as well as the range of technologies available or to be. The two approaches (bottom-up and top-down) can be used simultaneously because they allow it to answer different questions posed by the rationalization of the production and consumption of energy so-called "hybrid" models. The same question can be treated by the elasticity logic, generally 4 hypotheses mark the causal relationship between energy and economic growth as well as the political consequences which ensue from it: the first, is the hypothesis of growth or energy causes GDP. In the second, a reduction in energy consumption has no negative effects on real GDP, it is the hypothesis of conservation. Under the neutrality assumption, the effect of energy on real GDP is small or zero. However, if a two-way causal relationship between energy consumption and real GDP exists, it is the feedback hypothesis.

Similarly, the empirical studies that address this relationship are heterogeneous. This contrast is mainly due to the method used: time series, panel data, the bivariate approach (studies with only two variables: energy consumption and real GDP) and finally the multivariate approach. In addition to the method this difference can be explained by the size of the sample and the representative variables.

Keywords: Renewable Energies, Growth, Theoretical Literature, Empirical Literature

JEL Classification : B22, B23, O13, Q49.

Paper type: Theoretical Research.

1. Introduction

L'énergie est indispensable à la réalisation de tout processus de production et donc au développement économique et social. Le rôle que joue ou qu'a joué l'énergie dans la croissance économique n'est plus à démontrer. En revanche, comprendre la relation entre ces deux variables reste une question ouverte à plusieurs interprétations et approches.

Théoriquement pour comprendre la relation entre l'énergie et la croissance économiques des économistes ont élaboré des modèles macro-économétriques qui visent à détailler cette relation pour stimuler et optimiser la variable en question. Ou simplement, en se basant sur l'élasticité pour définir la politique économique convenable. Pour vérifier ces apports théoriques, plusieurs économistes font appel à des méthodes économétriques qui à leur tour donnent des résultats très différents et hétérogènes.

Dans cet article nous allons essayer de représenter l'ensemble des travaux théoriques et empiriques qui ont essayé de reporter réponse à la relation entre la consommation d'énergie en l'occurrence les énergies renouvelables et la croissance. La première partie sera consacrée à la littérature théorique et la deuxième à la revue empirique.

2. Littérature théorique

La question énergétique a de tout temps préoccupé les penseurs économiques, en s'intéressant au problème de la place de l'énergie dans leur analyse. Ce qui a entraîné un vaste corpus de littérature en mettant l'accent sur le lien entre la consommation d'énergie et la croissance.

2.1. Les modèles de prévisions utilisés dans le secteur d'énergie

La modélisation de la relation entre la consommation d'énergie et la croissance économique peut être conçue généralement selon trois approches : la première à une vision descendante ce qu'on appelle un modèle « top down », la seconde se base sur une approche ascendante appelée « Bottom up ». Pour le troisième modèle, il combine les deux premières approches pour nous fournir un modèle « Hybride ».

2.1.1. Modèle top down

Les modèles top-Down, à expliciter, les liens entre l'énergie et l'activité économique. C'est une approche descendante qui part d'un équilibre macroéconomique qui est progressivement désagré, comme le rappelle ZAGAME (2008) « ces modèles décrivent donc a priori le système énergétique à partir des fonctions de production, ou l'énergie figure de façon plus ou moins détaillée comme un facteur de production substituable ou complémentaire avec d'autres facteurs comme le travail et les autres produits intermédiaires. Dans les représentations traditionnelles, de ces modèles, ces fonctions de production sont à progrès technique exogène, c'est ainsi qu'apparaît dans les simulations un trend d'efficacité énergétique autonome, c'est-à-dire indépendant des conditions économiques prévalences, l'endogénéisation n'est apparue que tardivement.

Ces modèles permettent de capturer plus d'interaction entre le secteur de l'énergie et les autres secteurs économiques, mais généralement sans représenter explicitement des technologies énergétiques.

Ces modèles permettent de stimuler la réaction des marchés à des variations de prix. Ils permettent d'identifier les relations entre prix de l'énergie et demande énergétique. Il existe deux catégories principales de modèles « Top-down » :

- Modèle macro- économétrique : avec un horizon qui ne dépasse pas 15 ans, puisque les estimations économétriques ne peuvent plus être valables, car les structures économiques sont trop modifiées. Pour estimer ces relations, on se base sur des séries

temporelles ou de données de panel, en s'appuyant sur des matrices « Input-output » pour modéliser les relations interindustrielles.

- Les modèles d'équilibre général calculable (MEGC) : On suppose que les agents économiques sont rationnels et cherchent à maximiser/ minimiser leurs fonctions de préférence (maximisation d'une fonction d'utilité pour les ménages, maximisation d'une fonction de profit de minimisation d'une fonction de coût pour les entreprises). Les relations sont en générales « calibrées » sur des séries statistiques et non pas estimées économétriquement.

La principale faiblesse de ces modèles provient du fait qu'il suppose que les interactions entre énergies et économie seront les mêmes dans le futur que par le passé, telles que décrites en particulier par les élasticités de substitutions entre énergie et autres facteurs de production. De plus dans la mesure où le secteur énergétique est représenté de façon agrégée, ils sont moins adaptés à des études prospectives où des éléments nouveaux apparaissent, telles que nouvelles sources d'énergie ou de nouvelles technologies plus efficaces pour la production ou la demande d'énergie.

2.1.2. Modèles Bottom-up

La gestion (bottom-up) également appelée « stock picking » est une méthode ascendante. Ce type de modèle commence avec une description détaillée du système énergétique avec une liste complète de diverses formes d'énergies, ainsi que l'éventail des technologies disponibles ou qui le seront. La demande d'énergie dans ces modèles est représentée par secteur économique et par usage énergétique. Ils distinguent en particulier les technologies de production qui transforment l'énergie primaire en énergie secondaire, de même pour les technologies de demande qui transforment l'énergie finale en services énergétiques.

Ces modèles permettent de mettre en évidence la marge de manœuvre dont disposent les divers acteurs pour satisfaire leurs besoins. Ils offrent une projection du système énergétique futur, en fonction des hypothèses exogènes (la demande énergétique totale, les limites d'émission, les progrès technologiques... et) généralement à l'aide d'un modèle « Bottom-up » on peut déterminer une configuration optimale du secteur de l'énergie qui permet de satisfaire la demande à moindre coût.

En pratique on distingue deux types principaux de modèles : d'abord les modèles de stimulation qui envisagent plusieurs scénarios technologiques avec des hypothèses contrastées de croissance économique et de prix des énergies. Ou des modèles d'optimisation qui supposent que le comportement des agents est rationnel et cherche à maximiser un profit ou à minimiser un coût, dès lors que l'environnement économique est donné (croissance des activités économiques, prix relatifs).

Cependant les modèles « bottom-up » n'offrent pas une vision complète de l'économie, du fait qu'ils ne permettent pas de capter toutes les interactions entre le secteur énergétique et le reste de l'économie.

2.1.3. Modèles hybrides

Les deux approches (ascendante et descendante) peuvent être utilisées simultanément, car elles le permettent de répondre à différentes questions posées par la rationalisation de la production et de la consommation d'énergie. Les modèles « Bottom-up » sont souvent destinés à évaluer des nouvelles technologies et formes d'énergie alors que les modèles « top-down » sont plus appropriés à l'analyse des impacts macro-économiques des politiques climatiques « comme le rappelle P Zagné (2008), on peut trouver plusieurs façons de concilier les deux approches (cf BoePringer et al. (2003), Ioulou (2005)).

- Tout d'abord prolonger « vers le bas » un modèle macro-sectoriel par un modèle énergie, décrivant de façon détaillée, les technologies, mais cette opération est limitée par la lourdeur de la mise en œuvre.
- Pousser vers le haut un modèle « Bottom-up » c'est le cas par exemple de MARKEL, qui a été prolongé par un module macro-économique très agrégé (un seul secteur).
- Enfin, il y a la possibilité de faire dialoguer deux modèles, ou plus de façon, décentralisée en organisant un Linkage par les interactions, il convient dans ce cas, de définir une hiérarchie entre les variables qui sont calculées simultanément par les deux modèles.

L'hybridation de deux approches consiste à combiner une représentation détaillée des technologies et usages de l'énergie avec une représentation du comportement des agents (rationnels) et avec une représentation détaillée des interactions entre les systèmes énergétiques et le reste de l'économie ;

Tableau 1 : Quelques exemples de modèles utilisés dans l'Union européenne avec indication de l'institution qui les a élaborés

	Top Down		Bottom-up
Modèle macro-économique	HERMES(1) NEMESIS(2)	Modèles de simulation	MEDEE(6) POLES(7)
Modèle d'équilibre général calculable	GEM-E3(3) GEMINI(4) IMACLIM(5)	Modèles d'optimisation	MARKAL(8) EFOM(9) PRIMES(10) TIMES(11)

Source : Jean pierre Hansen-Jacques Percebois; énergie: Economie et politiques P 29 (2019)

- 1) **HERMES:** Harmonized economic Research for Modelling Economic systems (ERASME).
- 2) **NEMESIS:** New economic Model for Enbironment strategies Implementation for Sustainable Development (ERASME)
- 3) **GEM-E3:** General Equilibrium Model Energy-Economy-Environment Interactions (NTVA ET ERASME)
- 4) **GEMINI:** General Equilibrium Model of International-Nationel Interactions between Economy, Energy, and the environment; (A.BernardetM.Vielle).
- 5) **IMACLIM:** Modèle d'interactions énergie-climat (CIRED)
- 6) **MEDEE :** Modèle d'évolution de la demande d'énergie (à long terme) (ENERDATA)
- 7) **POLES:** Prospective Outlook on Long Term Energy systems (LEPii)
- 8) **MARKAL:** Market Allocation (Ecole des mines de Paris)
- 9) **EFOM :** EnergyFlows optimisation Model (LEPii et comission européenne).
- 10) **PRIMES :** Projections of integrated Modelling Energy systems (NTVA)
- 11) **TIMES:** The integrated Market-EFOM System (Ecole des mines de Paris).

2.2. Modèles basés sur l'élasticité

"Le rapport entre la consommation d'énergie et le PIB dépend de la structure productive, à la technologie utilisée, au climat, à la réglementation en vigueur et au prix directeur de l'énergie qui influencent le contenu énergétique de la richesse intérieure d'un pays" [PERCEBOIS 2000].

Au début des années 1960, beaucoup d'économistes (Berrah, 1983 ; Matly, 1983 ; Meallier et ali, 1986 ; Hourcade et Ben Chaabane, 1991) se sont penchés sur l'évaluation et les déterminants de la demande énergétique ainsi que la modélisation de la demande énergétique en liaison avec l'activité économique, en se basant sur l'élasticité unitaire, qui avait amené à penser que la consommation d'énergie et le produit intérieur brut progressaient au même rythme. Cette loi a soulevé de nombreuses controverses pour laisser finalement place à la

thèse selon laquelle, il est possible de déconnecter le mouvement de ces deux variables et aboutir à une élasticité revenue inférieure à l'unité.

Selon Denis Babusiaux (2001), l'élasticité de la consommation d'énergie par rapport au PIB est souvent supérieure ou égale à 1 dans la plupart des pays en développement, alors qu'elle est inférieure à 1 en variant entre 0,85 et 0,9 dans les pays industrialisés. Cette différence revient à la part croissante des activités tertiaires peu énergivores, dans le PIB et du progrès technique favorisant l'amélioration du rendement énergétique. L'élasticité aux prix reste très faible à court terme et la consommation est fortement dépendante des équipements. C'est-à-dire des investissements réalisés dans l'économie.

Le lien entre ces deux grandeurs peut être analysé d'une autre manière, car des modèles macroéconomiques sont construits en introduisant l'énergie comme facteur de production (les fonctions de production KLEM1). Les fonctions de production KLEM ont suscité beaucoup d'interprétations théoriques et de vérifications empiriques de la part des économistes durant la décennie 1970-1980, mettant l'accent sur deux postulats (PERCEBOIS 1989) :

- D'une part elles permettent, grâce au concept d'élasticité de substitution, de mesurer le degré de substituabilité entre les facteurs de production, à court terme comme à long terme.
- D'autre part elles permettent de fonder, sur un plan analytique et statistique, les fonctions de demande de ces divers facteurs. Ainsi la relation entre demande d'énergie et niveau d'activité économique est "médiatisée" par le recours à des équipements plus ou moins économes en travail.

Au plan technique, la compréhension des interactions existantes entre l'énergie et les autres facteurs au sein du processus de production justifie le recours à des fonctions "putty-putty" (substituabilité ex ante et ex post entre facteurs), "clay-clay" (complémentarité ex ante et ex post) ou "putty-clay" (substituabilité ex ante, mais complémentarité ex post).

L'utilisation des fonctions à générations de capital a permis de mieux comprendre et mesurer les relations entre l'énergie et les autres facteurs de production au sein du processus productif, à un niveau agrégé comme au niveau désagrégé.

Une célèbre controverse théorique a opposé à la fin des années 70 BERNDT et WOOD, d'un côté, GREGORY-GRIFFIN de l'autre. Pour les premiers le capital et l'énergie sont avant tout complémentaires ; pour les seconds ils sont largement substituables. Cette controverse a été alimentée par de nombreuses "vérifications empiriques" (cf. J. PERCEBOIS), mais les tentatives de "réconciliation" ont permis de dépasser cette opposition.

Les travaux empiriques ont permis de montrer que le capital et le travail peuvent être considérés comme substituables dans l'industrie et il en va de même pour l'énergie et le travail. C'est au niveau des relations énergie-capital que les résultats économétriques divergent. Au-delà des explications "statistiques" liées notamment à des approches différentes (time series ou cross-section, périodes de référence non identiques), BERNDT et WOOD ont proposé une explication "théorique simple" de ces divergences. Ces divergences tiennent à la façon dont a été résolu le problème de la séparabilité au sein de la fonction de production et de la fonction de coût duale qui lui est associée. Il ne faut donc pas confondre la "substituabilité technique brute" et la "complémentarité économique nette". L'énergie et le capital peuvent donc fort bien être des substituts bruts au sens technique du terme ; il n'en demeure pas moins vrai qu'ils sont généralement des compléments nets au sens économique du terme (cf. J. PERCEBOIS 1989).

Généralement la littérature économique a distingué 4 hypothèses qui ont marqué la relation de causalité entre l'énergie et la croissance économique ainsi que les conséquences politiques qui en découlent :

¹ (K = capital), (L = main d'œuvre), (E = énergie), (M = matière première non énergétique)

2.2.1. L'hypothèse de la croissance

Selon cette hypothèse une augmentation (respectivement une diminution) de la consommation d'énergie entraîne une augmentation (respectivement une diminution) du PIB réel. Dans ce cas, l'énergie cause le PIB et l'économie est considérablement dépendante de l'énergie. S'il y a un impact négatif, cela peut être dû à une consommation excessive d'énergie dans les secteurs improductifs de l'économie, à une contrainte de capacité ou à une offre inefficace d'énergie, Squalli (2007).

2.2.2. L'hypothèse de conservation

Stipulant qu'une réduction de la consommation d'énergie n'a pas d'effets négatifs sur le PIB réel. Cette hypothèse est vérifiée si une augmentation du PIB entraîne une augmentation de la consommation d'énergie.

2.2.3. L'hypothèse de neutralité

Elle suppose que l'effet de l'énergie sur le PIB réel est faible ou nul puisque la consommation d'énergie n'est qu'une insignifiante partie des composantes de la production. Cette hypothèse se vérifie en cas d'absence d'une relation causale entre consommation d'énergie et PIB réel.

2.2.4. L'hypothèse de rétroaction (feed-back)

L'hypothèse de rétroaction suggère qu'il existe une relation causale bidirectionnelle entre consommation d'énergie et PIB réel de telle sorte qu'une mise en œuvre d'une politique de consommation efficace n'a aucun effet négatif sur le PIB réel.

3. Revue des travaux empiriques

Les études empiriques sur la relation entre consommation d'énergie et croissance du PIB procèdent souvent par les analyses en séries temporelles, en données de panel, l'approche bi variée (les études avec seulement deux variables : consommation d'énergie et PIB réel) et enfin l'approche multi variée.

Par ailleurs Mehara (2007) identifie trois générations d'approches méthodologiques :

- La première génération est composée des études basées sur la méthode VAR et le test de causalité de Granger.
- La deuxième applique le test de racine unitaire et de Co intégration sur les séries temporelles.
- La troisième génération utilise les procédures de test de racine unitaire et de Co intégration basée sur les données de panel.

3.1. La synthèse des travaux portés sur la relation entre l'énergie et le PIB

Une étude de la première génération basée sur la méthode VAR, réalisée en 1978 PAR Kraft et Kraft sur l'économie américaine entre 1947 et 1974, a révélé l'existence d'une causalité unidirectionnelle qui montre qu'aux États unis, c'est le produit national brut qui cause la consommation d'énergie. Ce résultat mène à croire qu'il est possible d'envisager des politiques d'économie d'énergie sans effets négatifs sur la croissance de l'économie. Cette analyse sera contestée par plusieurs chercheurs notamment Akarka et Long (1980) qui ont pu démontrer que l'étude de Kraft et Kraft est biaisée en raison d'instabilité temporelle au niveau de l'échantillon des données utilisées. Ils ont donc repris l'analyse avec la même technique, sur une période plus homogène allant de 1950 à 1968. Le test a révélé le manque de causalité entre le PIB et la consommation d'énergie. Pratiquement, tous les articles qui ont suivi ont été

consacrés aux séries américaines avec des résultats très variés (cf. par exemple Yu et Hwang (1984), Yu et Choi (1985)).

D'autres générations des analyses empiriques ont commencé à partir des années 1990, et qui se basent sur des méthodes multivariées, notamment les études de Masih et Masih (1996), Glasure et Lee (1997), et Asafu- Adjaye (2000).

Dans une étude, Masih Masih (1996) a utilisé la méthodologie de Johanssen dans la recherche des relations entre énergie et croissance. Ainsi dans une série d'articles concernant six pays asiatiques (l'Inde, le Pakistan, L'Indonésie, la Malaisie, le Singapour et les philippines), leurs études ont montré l'existence d'une relation de long terme entre les deux variables pour le cas de l'Inde (l'énergie cause le PIB), le Pakistan (relation bidirectionnelle) et l'Indonésie (c'est le PIB qui cause la consommation d'énergie). Pour les 3 pays restants (Malaisie, Singapour, et philippines), l'utilisation d'un VAR ordinaire a révélé l'inexistence de relation causale entre PIB et la consommation d'énergie. Aussi, Soyta et Sari (2003) tentent d'estimer la même relation pour les économies émergentes sur une longue période 1950–1992. Leur résultat indique une causalité bidirectionnelle pour l'Argentine, mais le vecteur de Co intégration est rejeté pour l'Indonésie et la Pologne.

Alors autres auteurs ont procédé par des données de panel tel que, Apergis, Payne (2009) ayant pour objectif de vérifier la relation entre la consommation d'énergie et la croissance économique de six pays d'Amérique centrale au cours de la période 198-2004 dans un cadre multivarié. Compte tenu de la période relativement courte des données de séries chronologiques, une cointégration de panel et le modèle de correction d'erreur a été employé pour déduire la relation causale. Basée sur le test de cointégration de panel hétérogène par Pedroni. Les résultats de causalité indiquent la présence de deux causalités à court terme et à long terme de la consommation d'énergie vers la croissance économique qui soutient l'hypothèse de croissance. Une autre étude basée sur les données de panel, Coers et Sanders (2013) en s'appuyant sur l'utilisation d'un panel de 30 pays de l'OCDE prolongée sur une période de 40 ans, à l'aide des racines unitaires et des tests de cointégration en panel : Les résultats ont montré des preuves que la causalité bidirectionnelle existe dans le très court terme, et qu'il y a une forte causalité unidirectionnelle du PIB à la consommation d'énergie dans le long terme. Les auteurs suggèrent que les politiques visant à réduire la consommation d'énergie et la promotion de l'efficacité énergétique ne sont pas susceptibles d'avoir un effet négatif sur la croissance économique, sauf dans le très court terme.

Une autre étude basée sur le modèle de panel, Florian GROSSET et Phu NGUYEN-VAN (2015) qui étudient la relation entre consommations d'énergie par habitant et le revenu par habitant, ainsi que les déterminants de cette relation, sur un échantillon de données de panel de 29 pays d'Afrique subsaharienne observés sur la période 1980-2011. La spécificité est la prise en compte explicite de l'hétérogénéité entre pays à l'aide d'un modèle de données de panel à coefficients hétérogènes. Les résultats montrent que la relation énergie-revenu est effectivement très hétérogène, et que la courbe de Kuznets environnementale existe dans seulement 4 pays. Cette hétérogénéité est également observée dans les effets des variables affectant cette relation.

3.2. La synthèse des travaux portés sur la relation entre la consommation d'électricité et la croissance économique :

La forme d'énergie la plus dominante dans les zones d'expansion de l'activité économique dans les pays industrialisés est l'électricité, ce facteur a joué un rôle incontournable dans l'amélioration du niveau de vie ainsi que dans le progrès technologique et scientifique sans pour autant omettre son importance par rapport à la croissance économique.

Dans cette partie, nous allons nous focaliser sur les travaux empiriques qui ont porté sur la relation entre la consommation d'électricité et la croissance économique en exposant certains

travaux en éclaircira la méthode utilisée en plus des auteurs des pays et des résultats empiriques.

Une étude de Wolde –Rufael(2006) sur une période allant de 1971 à 2001 et sur 17 pays africains, les auteurs ont testé la relation de causalité à long terme entre la consommation d'électricité par habitant et le produit intérieur brut (PIB) réel par habitant, et ce en s'appuyant sur un test de cointégration nouvellement développé proposé par Pesaran et al. (2001) et en utilisant une version modifiée du test de causalité de GRANGER de Toda et Yamamoti(1995). Les études empiriques montrent qu'il y avait une relation de long terme entre la consommation d'électricité par habitant et le PIB réel par habitant de seulement 9 pays et de la causalité de Granger pour 12 pays seulement. Pour 6 pays il y avait un lien de causalité unidirectionnelle positif allant du PIB réel par habitant de la consommation d'électricité par habitant, une causalité inverse pour 3 pays et la causalité bidirectionnelle pour les 3 pays restants. Encore, Narayan et al.(2007) applique les développements récents des racines unitaires et des techniques de cointégration en panel pour estimer le revenu à long et à court terme et les élasticités du prix de la demande résidentielle d'électricité dans les pays du G7. Ils utilisent des données annuelles des séries chronologiques de 1978 à 2003 pour le groupe des pays des G7. Les résultats du panel indiquent que la demande résidentielle à long terme pour l'électricité est élastique des prix et inélastique par rapport au revenu. L'étude conclut que, d'un point de vue environnemental il est possible d'utiliser des stratégies de prix dans les pays du G7 et à réduire la demande d'électricité résidentielle, et ainsi réduire les émissions de carbone, dans le long terme.

Pareil, Ciarreta et Zarraga (2010) appliquent la récente méthodologie des panels pour enquêter sur la relation de long terme et de causalité entre la consommation d'électricité et le PIB réel pour un ensemble de 12 pays européens utilisant des données annuelles pour la période 1970-2007. Les résultats montrent des signes d'une relation d'équilibre de long terme entre les trois séries et une forte négative causalité à court terme de la consommation d'électricité au GDP. Comme prévu il y a causalité bidirectionnelle entre les prix de l'énergie et du PIB et des preuves plus faibles entre la consommation d'électricité et d'énergie prix. Ces résultats soutiennent les politiques mises en œuvre à la création d'un marché commun européen de l'électricité. Le développement des données de panel à travers la cointégration de Pedroni, Ali Arcaravci et IlhanOzturk(2009) ont utilisé cette méthode pour rechercher l'existence d'une relation de long terme entre la consommation d'électricité et la croissance économique pour un panel de 15 pays en développement de l'Europe de l'est. Ces auteurs vont estimer un modèle à partir de la consommation d'électricité par tête et le produit intérieur par tête de ces pays pour la période de 1990-2006. Les résultats suggèrent que les tests de cointégration en panel de « Pedroni » ne confirment pas une relation d'équilibre de long terme entre la consommation d'électricité par habitant et le PIB réel par habitant. En outre, puisqu'il y a une absence de cointégration, les mécanismes de correction d'erreurs, plus le test de causalité ne peuvent pas être exécutés pour d'autres mesures à long terme visant à étudier la causalité entre la consommation d'électricité et la croissance économique. Globalement, on peut dire que les politiques réelles à long terme pour ces pays. En conclusion, la littérature a donné des résultats contradictoires et il n'y a pas de consensus non plus sur l'existence ou le sens de la causalité entre la consommation d'électricité et la croissance économique. Ainsi, les résultats de cette étude ont des implications politiques importantes et cela montre que cette question mérite d'être encore plus attention dans les recherches futures.

3.3. La synthèse des travaux portés sur la relation entre la consommation d'énergie renouvelable et la croissance économique :

Avec la montée des énergies renouvelables et l'intention dédiée à la question environnementale, la relation entre l'énergie et la croissance économique sera élargie et

spécifiée en s'intéressant de plus en plus à la relation entre les énergies renouvelables et la croissance économique.

L'une des revues de littérature les plus étendues de (Payne, 2010a) fournit un aperçu complet de cette littérature, en examinant 101 études sur 30 ans, jusqu'en 2012. Cependant, aucun consensus n'a été trouvé sur le caractère causal de cette relation. Un certain nombre d'études réalisées en grande partie, les mêmes auteurs, trouvent une relation bidirectionnelle entre la consommation d'énergie renouvelable et la croissance économique (Apergis et Payne, 2010a, Apergis et Payne, 2010b, Apergis et Payne, 2011a, Apergis et Payne, 2011b, Apergis et Payne, 2012a, Apergis et Payne, 2012b et Apergis et al, 2010). Les résultats sont différents même en ce qui concerne la direction de la causalité et l'impact sur Politique énergétique. Ceci est important, car le type de relation causale détermine les implications politiques d'une telle relation. Une autre étude qui a aussi pour objectif d'étudier la relation de la causalité à long terme et au court terme entre la consommation d'énergie renouvelable et la croissance économique dans les pays en Europe du Nord sur une période allant de 1990-2010, M.Behname (2014), appuyés sur le test de Pedroni (2000) a relaté l'existence d'une relation à long terme entre les variables et sur le test d'Hausman (1978) qui a indiqué la nécessité d'appliquer le modèle en effet fixe. Les résultats de test de causalité ont démontré qu'il existe une relation unidirectionnelle, soit l'énergie est la cause du PIB, entre la consommation d'énergie renouvelable et la croissance, par contre il y a une relation bidirectionnelle entre le PIB et la formation de capital et aussi entre le PIB et le travail à long terme et à court terme. Finalement, une étude réalisée en 2021 par Khadija ELISSAOUI qui a utilisé la méthode de Co-intégration en panel pour étudier l'impact de la consommation des énergies renouvelables et d'énergie fossile sur la croissance économique en 5 économies émergentes entre 1990 et 2015. Les résultats montrent que l'impact de la consommation d'énergie fossile sur la croissance économique est plus importante que la consommation des énergies renouvelables pour le cas de l'Algérie, à l'opposé la consommation des énergies renouvelables est positive et fortement significatives pour le cas de la Kenie, cependant cette relation est très faible pour le cas du Maroc qui reste dépendant de la consommation des énergies fossiles. Pour la Turquie la consommation des énergies renouvelables n'impacte pas la croissance économique qui fortement et positivement liée à la consommation des énergies fossiles. Cependant, pour le cas de l'Égypte la relation est neutre.

Tableau 1. Récapitulatif des différents travaux sur la relation entre l'énergie renouvelable et la croissance économique

Les auteurs	Méthodologie	Échantillon	Relation
Sari et Soytas	Décomposition des variantes	Turquie	CENR augmente GDP
Ewing et al.	Décomposition des variantes	US	CENR augmente PI
Sari et al.	ARDL	US	PI→CENR
Sadorsky	Co-intégration panel	18 pays émergents	GDP→CENR
Apergis and Payne	Co-intégration panel	20 pays de l'OCED	GDP↔CENR
Apergis and Payne	Co-intégration panel		GDP↔CENR
Payne	Toda-Yamamoto	US	GDP≠CENR
Bowden and Payne	Toda-Yamamoto	US (Niveau sectoriel)	GDP↔CENR
Menegaki	Modèle d'effet aléatoire de panneau	27 pays européens	GDP≠CENR
Apergis and Payne	Modèle de correction d'erreur de panneau	6 pays de l'Amérique centrale	GDP↔CENR
Apergis and Payne	Modèle de correction d'erreur de panneau	80 PAYS	GDP↔CENR

CENR= Consommation d'énergie renouvelable / GDP= Gross domesticproduct : le PIB / PI = Production industrielle

Source : Auteurs

4. Conclusion

L'étude de la relation entre la consommation d'énergie et la croissance constitue toujours une thématique qui occupe les économistes et les économètres. Aujourd'hui encore plus, voir les nouveaux défis qui s'imposent avec la détérioration de l'environnement dû en grande partie au réchauffement climatique et l'appel à élaborer des modèles de développement durable, de nouvelles études s'ajoutent aux littératures en tentant d'expliquer cette relation et proposer de nouvelles solutions.

Dans la littérature théorique on distingue deux principaux modèles : le premier type est un modèle de prévision qui se caractérise par une vision qui selon l'approche utilisée peut faire le départ d'un équilibre macroéconomique vers une situation désagrégée c'est qu'on appelle les modèles Top-down, Il existe deux catégories principales de ces modèles : les modèles macro-économétriques et les modèles d'équilibre général calculable (MEGC). Cependant, si l'étude commence avec une description détaillée du système énergétique vers une configuration du système du secteur de l'énergie, cette approche est appelée Bottom-up. Ces deux techniques peuvent être combinées et fournir un modèle hybride avec une représentation détaillée des technologies et usages de l'énergie avec une représentation du comportement des agents (rationnels) et avec une représentation détaillée des interactions entre les systèmes énergétiques et le reste de l'économie.

La deuxième catégorie des modèles qui s'intéressent à la relation entre ces deux variables repose sur le principe de l'élasticité ou on distingue 4 hypothèses : la première, est l'hypothèse de croissance selon laquelle, l'énergie cause le PIB et l'économie est considérablement dépendante de l'énergie. Or une réduction de la consommation d'énergie n'a pas d'effets négatifs sur le PIB réel selon l'hypothèse de conservation. Alors que l'hypothèse de neutralité suppose que l'effet de l'énergie sur le PIB réel est faible ou nul puisque la consommation d'énergie n'est qu'une insignifiante partie des composantes de la production. Cependant, si une relation causale bidirectionnelle entre consommation d'énergie et PIB réel nous sommes en présence de l'hypothèse de rétroaction (feed-back).

Si on est face à un vaste corpus de littérature en mettant l'accent sur le lien entre la consommation d'énergie et la croissance, la littérature empirique est plus nombreuse et diversifiée. Les différences et les divergences entre les études empiriques sont dues principalement la méthode économétrique, l'échantillon et aussi la variable représentative. Car on trouve des études qui étudient la relation entre énergies et le PIB, d'autre s'intéressent la consommation d'électricité et finalement la génération récente qui se préoccupent aux énergies renouvelables. Les études empiriques sur la relation entre ces deux variables procèdent souvent par les analyses en séries temporelles, en données de panel, l'approche bi variée (les études avec seulement deux variables : consommation d'énergie et PIB réel) et enfin l'approche multi variée.

Par ailleurs Mehara (2007) identifie trois générations d'approches méthodologiques :

- La première génération est composée des études basées sur la méthode VAR et le test de causalité de Granger.
- La deuxième applique le test de racine unitaire et de Co intégration sur les séries temporelles.
- La troisième génération utilise les procédures de test de racine unitaire et de Co intégration basée sur les données de panel.

Dans cet article à notre tour, nous avons tenté d'expliquer la relation entre la croissance économique et la consommation d'énergies renouvelables et leur relation avec l'environnement, à travers une revue de littérature théorique et empirique que nous pouvons qualifier d'une relation hétérogène et qui dépend souvent du modèle théorique et aussi de la

nature de la méthode utilisée. C'est pourquoi nous jugeons qu'il est plus important d'explorer cette relation à travers un modèle économétrique qui peut être le sujet d'un nouvel article.

Référence

- (1) Apergis, N., Payne, J. E. (2010). RE consumption and economic growth : Evidence from a panel of OECD countries. *Energy Policy*, 38(1), 656-660.
- (2) Chien, T., & Hu, J.-L. (2008). Renewable energy : An efficient mechanism to improve GDP. *Energy Policy*, 36(8), 3045-3052.
- (3) CHIHAB, K., & OUIA, A. (2021). Energies renouvelables et Efficacité énergétique pour un développement énergétique durable au Maroc. *Revue Internationale Des Sciences De Gestion*, 4(3). Retrieved from
- (4) Département du développement durable, Région Moyen-Orient et Afrique du Nord, B. m. (2013). Analyse d'impacts socioéconomiques de la politique de croissance verte au Maroc – volet énergie : Une évaluation en équilibre général.
- (5) Elia Group, 2013 « l'intégration des énergies renouvelables » 2013.
- (6) ELISSAOUI, Khadija. Impact des énergies renouvelables et non renouvelables sur la croissance économique : Cas d'un échantillon de 5 économies émergentes. *Journal d'Economie, de Management, d'Environnement et de Droit*, [S.l.], v. 4, n. 2, p. 1-20, aug. 2021. ISSN 2605-6461.
- (7) Fotourehchi, z. (2017, 1 janvier). Renewable Energy Consumption and Economic Growth : A Case Study for Developing Countries. *International Journal of Energy Economics and Policy*.
- (8) HCP- Haut-commissariat au plan- actes de séminaire, 2016 « prospectives énergétiques du Maroc, enjeux et défis ».
- (9) IEA –International energyagency, 2014. « Politiques énergétiques hors pays de l'AIE » Mars
- (10) IRENA : International renewableenergyagency, Remap 2016 “Feuille de route pour un avenir porté par les énergies renouvelables » Edition 2016.
- (11) IRENA: International renewable energy agency, Octobre 2016 « Renewable energy in cities ».
- (12) IRENA: International renewable energy agency, 2016 “Renewable energy and jobs: annual review 2016”.
- (13) IRENA : International renewable energy agency, 2017 « Renewable capacity statistics 2016”
- (14) IRENA: International renewable energy agency, 2018 “Renewable capacity statistics 2017”.
- (15) KHANNIBA, M., LAHMOUCHI, M., & BOUYGHRISSE, S. (2020). Revue de littérature sur la relation entre les énergies vertes et la croissance économique : Une comparaison régionale critique. *Revue Internationale Du Chercheur*, 1(1).
- (16) Koffi, K. T. (2014). Analyse de cointégration longitudinale de l'impact de la croissance de la population sur les émissions de dioxyde de carbone.
- (17) Lamy, M.-L. (2004). Efficacité des politiques environnementales d'incitation à l'adoption de nouvelles techniques : le cas des énergies renouvelables.
- (18) Sadorsky, P. (2009b). Renewable Energy Consumption And Income In Emerging Economies. *Energy Policy*, Vol.37, No.10, (October 2009), pp. 4021-4028.